中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 42(4)：356～369 (1993)

玉米不同粒型組合之子粒產量及農藝性狀在期作間組合力之表現[1]

謝光照[2]　曾富生[3]

摘要：爲探討玉米不同粒型組合之雜交種，在臺灣春、秋及裡作環境下子粒產量等性狀組合力之表現，以四個硬粒種及四個馬齒種自交系半互交組合之28個 F_1 爲材料，分別於春作、秋作及裡作進行試驗。結果摘要如下：在春作顯示每穗子粒數、百粒重、脫粒率及子粒產量的表現，爲異粒型＞硬粒種同粒型≒馬齒種同粒型；秋作及裡作，則顯示每穗子粒數、百粒重及子粒產量呈現硬粒種同粒型≒異粒型＞馬齒種同粒型。經組合力分析，顯示在春、秋及裡作，大部份性狀均由 GCA 及 SCA 共同控制，且以 GCA 均方佔較大比例。各性狀的 GCA/SCA 均方比值，在期作間明明顯的變動。大部份性狀之 GCA 效應，在馬齒種自交系爲負效應，硬粒種自交系則爲正效應居多；而 F_1 雜種之 SCA 效應的表現，同粒型組合爲負的效應，異粒型組合以正的效應居多。各性狀的 GCA 及 SCA 效應之強度，隨期作環境之變異，有不同的表現程度。

關鍵詞：粒型、硬粒種、馬齒種、一般組合力、特殊組合力。

玉米生長易受栽培環境的影響，一般基因型與地域間有交感作用[11,14,19]。在臺灣雖可種植於春秋兩個不同生長季節，常因氣象因子的影響而產量有差異[1,6,9]。洪等[5]研究顯示，臺灣春作玉米生長爲早期——短期強勢型；秋作玉米生長則爲晚期——長期持續型生長，顯示不同氣象環境對玉米生長有明顯的影響。

一般組合力 (GCA) 與特定組合力 (SCA) 變方的大小，可用於決定基因作用的形式，GCA 變方通常包括總變方的累加性部份，而 SCA 變方則包括非累加性的作用[20]。而 Russell and Stuber[22] 的研究發現玉米達到開花期之 GCA, SCA, GCA×環境、SCA×環境之均方均達極顯著，顯示基因的作用極易受環境之影響。

Moreno-Gonzalez[17] 分析歐洲硬粒種 (European Flint) 及美國馬齒種 (US Dent) 間之雜交組合，發現子粒產量以硬粒型×馬齒型及馬齒型×馬齒型之組合，大於硬粒種×硬粒種組合。自交系之 GCA 則以馬齒型大於硬粒型。SCA 在硬粒種×馬齒種組合中，大多數爲正值，而硬粒種×硬粒種及馬齒種×馬齒種組合中，則多爲負值，Vasal *et al.*[25] 以 CITMMYT 熱帶白玉米種源進行育種模式之探討，結果也顯示硬粒種×硬粒種及馬齒種×馬齒種在子粒產量之表現具有負的特殊組合力效應。早生硬粒型及馬齒型自交系間之全互交組合，發現顯性變方成份較累加性變方成份爲大，並且有上位性作用存在，但較顯性及累加性作用小[16]。Mariani and Desiderio[15]分析義大利的硬粒種族群中分離出之自交系間之全互交試驗，認爲產量及有關性狀共同受累加性及顯性基因之作用，而

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1689 號。
2. 本所農藝系助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 國立中興大學農藝系教授。臺灣省　臺中市。

此種作用又受栽培密度影響，在低密度下，累加性變方顯著小於顯性變方；反之，在高密度下之累加性變方則大於顯性變方。Moreno-Gonzalez and Dudley[18] 分析馬齒型及硬粒型種源間之雜交，結果發現顯性作用顯著大於累加性作用。Schnell and Singh[23] 分析早生硬粒種及馬齒種之雜交組合，發現有基因之上位性作用存在。

Wu[27] 分析玉米不同發育期之三個數量性狀指出粒重及株高受顯性作用。而株高、開花期、百粒種、子實產量等性狀之 SCA 效應，主要來自雜種優勢之非累加性成份[4]。莊[7]研究玉米植株性狀認爲，在馬齒種同粒型組合中，主要受累加性基因作用；硬粒種×硬粒種組合中，部份受累加性基因作用，部份受顯性基因之作用；在馬齒種×硬種之組合中，主要受顯性基因之作用。而 Rood and Major[21] 認爲玉米增加株高是超顯性之雜種優勢所控制，基因型間有差異存在，無正反交效應。呂等[3]進行馬齒種與硬粒種種源之組合力效應比較，亦發現硬粒種自交系有較佳的 GCA，而馬齒種各性狀之 GCA 較低；而馬齒種×硬粒種異粒型雜種組合，雖然營養生長及植株性狀多數趨近於兩同粒型組合之中間值，但卻有較優異的株高、穗位高、百粒重及子粒產量等 SCA 效應。呂等同時指出，硬粒種玉米自交系在植株及子粒性狀方面具有較佳的 GCA 效應，而馬齒種玉米則具有較佳的 SCA 效應。玉米開花期、株高、百粒重、脫粒率等之 GCA 均方均達極顯著且 GCA/SCA 均方比值均大於1，表示累加性與非累加性共同控制著這些性狀的表現，但累加性均方所佔的比例較大；而子粒產量的 GCA 及 SCA 均達顯著，其 GCA/SCA 比值小於1，顯示非累加性均方佔總遺傳變方中之較大比例。但不同粒型組合在不同期作下，其組合力之表現，是否因期作而有所不同，值得加以探討。

本試驗目的，即在探討春、秋、裡作不同環境對三種粒型組合子粒產量及農藝性狀組合力表現之差異。

材料與方法

本研究所使用材料、栽培方法、調查性狀及方法與氣象資料詳見謝與曾[10]前篇報告。

所得數據，先進行變方分析及平均值顯著性測驗。然後以 Griffing[12] 氏方法四（只28有個 F_1，不包括親本），進行全互交分析，以估算各項性狀的 GCA 與 SCA。

結　果

一、變方分析

調查三期作三個類型組合之農藝性狀差異結果，在春作顯示每穗子粒數、百粒重、脫粒率及子粒產量的表現爲異粒型＞硬粒種同粒型≒馬齒種同粒型；秋作及裡作，則顯示每穗子粒數、百粒重及子粒產量呈現硬粒種同粒型≒異粒型＞馬齒種同粒型（表1）。

表1. 不同期作下三種粒型組合六項性狀之平均值

Table 1. Means of six traits for different kernel type at three crop seasons.

Crop season	Combination	Day to tasseling (day)	Plant height (cm)	Kernel no. per ear (No.)	100-kernel weight (g)	Shelling rate (%)	Grain yield (g/10-plant)
Spring	Dent×Dent	72.80	280.0	530.4	23.74	84.02	937
	Flint×Flint	73.88	295.8	477.4	26.80	81.77	984
	Dent×Flint	72.46	293.2	541.9	26.11	84.63	1107
	$LSD_{0.05}$	1.32	15.9	67.5	2.67	1.35	143

Fall	Dent×Dent	54.92	200.5	445.2	24.48	82.29	934
	Flint×Flint	58.17	213.1	476.2	28.55	81.99	1308
	Dent×Flint	54.52	216.1	497.9	26.85	83.52	1241
	$LSD_{0.05}$	1.84	12.3	51.1	3.10	1.37	200
Winter	Dent×Dent	104.5	223.3	406.9	25.01	80.47	954
	Flint×Flint	106.3	219.5	434.2	24.49	79.57	1170
	Dent×Flint	103.2	232.3	465.5	25.99	80.35	1157
	$LSD_{0.05}$	2.1	13.9	39.3	2.89	1.64	152

二、組合力之差異

三個期作28個半互交 F_1 之子粒產量及農藝性狀的組合力分析所得之均方值，列如表2。

表2. 28個 F_1 雜交種在不同期作下六項性狀組合力分析之均方值（1987秋作～1988裡作）

Table 2. Means squares of six traits for 28 F_1 hybrids evaluated at TARI, 1987—1988.

Crop season	Source	df	Day to tasseling	Plant height	Kernel no. per ear	100-kernel weight	Shelling rate	Grain yield
Spring	G. C. A	7	9.05*	160.32**	4687**	27.63**	3.84**	15316**
	S. C. A	20	0.72*	133.02**	1326**	3.37**	0.92**	13248*
	Error	81	0.22	32.10	576	0.90	0.23	2597
	GCA/SCA		12.47	1.20	3.53	8.19	4.17	1.15
Fall	G. C. A	7	21.58**	232.90**	7368**	41.99**	9.23**	149950**
	S. C. A	20	3.48**	69.61**	1765**	1.74	2.08**	20498**
	Error	81	0.42	19.12	330	1.21	0.23	5062
	GCA/SCA		6.19	3.34	4.00	24.10	4.42	7.31
Winter	G. C. A	7	34.36**	279.11**	6126*	50.50**	16.58**	60506**
	S. C. A	20	4.20**	83.02**	1228**	1.88*	0.97**	13687**
	Error	81	0.57	24.53	195	1.05	0.34	2941
	GCA/SCA		8.18	3.36	4.98	26.77	16.97	4.42

*，** Significant at 5% and 1% levels, respectively.

㈠春 作

所有性狀之 GCA 及 SCA 均達極顯著，表示8個自交系間之 GCA 有顯著的差異，同樣28個雜種 F_1 間之 SCA 亦具有極顯著之差異。由 GCA 均方及 SCA 均方比值，發現所有的性狀均大於1，顯示 GCA 均方成份大於 SCA 均方成份，亦即各項農藝性狀的累加性變方大於非累加性變方，其中尤以開花期(12.47)及百粒重(8.19)較高。

㈡秋 作

GCA 除百粒重外，大部份性狀均達極顯著，表示8個自交系間的 GCA 有極顯著之差異。就 SCA 而言，除百粒重外，其餘性狀也均達顯著差異，亦表示這些性狀，在28個雜種 F_1 間之 SCA 亦有極顯著之差異。就 GCA 均方與 SCA 均方比值而言，發現子粒產量及各農藝性狀均大於1，顯示 GCA 均方成份大於 SCA 均方成份，亦即各項性狀的累加性變方大於非累加性變方，其中尤以百粒重(24.10)及子粒產量(7.31)等較高。

㈢裡 作

GCA 及 SCA 在子粒產量及各項農藝性狀均達極顯著。表示8個自交系間 GCA 及28個

雜種 F_1 間之 SCA 均達極顯著差異。就 GCA 均方及 SCA 均方比值而言，發現所有的性狀均大於1，顯示 GCA 均方成份大於 SCA 均方成份，亦即各項性狀的累加性變方大於非累加性變方，其中尤以百粒重(26.77)，脫粒率(16.97)較高。

(四)期作間 GCA/SCA 比值之比較

期作間子粒產量及農藝性狀的 GCA/SCA 比值，列如表3。由表中可看出各項性狀之 GCA/SCA 比值，在期作間有明顯的差異存在。一般開花期呈現春作＞裡作＞秋作之趨勢；而株高及百粒重以春作最小；每穗子粒數三期作相差並不大；脫粒率爲裡作大於春作與秋作；子粒產量的 GCA/SCA 比值爲秋作＞裡作＞春作。

三、期作間不同粒型組合間一般組合力效應之差異

不同期作之8個親本自交系半互交分析之子粒產量及農藝性狀之一般組合力效應，列如表3。

表3. 八個自交系在不同期作下六項性狀之一般組合力效應估值 (1987—1988)

Table 3. Estimates of general combining ability effects for six traits measured in a diallel set of eight maize inbred lines evaluated at TARI, 1987—1988.

Crop season	Kernel form	Parental inbreds	Day to tasseling (dat)	Plant height (cm)	Kernel no. per ear (No.)	100-kernel weight (g)	Shelling rate (%)	Grain yield (g/10-plant)
Spring	Dent	A	−1.615	−51.5	−17.76	0.821	−0.189	−29.46
		B	0.760	1.92	−16.71	1.664	0.907	−5.93
		C	−1.698	−2.03	50.07	−1.931	0.677	9.32
		D	1.052	−5.99	37.40	−3.608	0.849	−23.25
		$\bar{x}$	−0.375	−2.81	13.25	−0.764	0.561	−12.33
	Flint	E	0.969	0.26	−4.38	−1.763	−1.277	−93.30
		F	0.260	9.42	−25.63	2.290	0.248	31.44
		G	1.219	4.42	−7.84	1.762	−0.706	70.81
		H	−0.948	−2.86	−15.13	0.764	−0.509	40.37
		$\bar{x}$	0.375	2.81	−13.25	0.764	−0.561	12.33
	S. E.	(g_i-g_j)	0.271	3.27	13.86	0.549	0.278	29.27
Fall	Dent	A	−2.031	−3.75	−48.54	−1.006	−0.804	−184.34
		B	1.719	−9.41	−42.91	2.909	1.047	−5.19
		C	−2.656	3.00	7.58	−3.716	0.260	−152.89
		D	−0.281	−2.45	52.87	−2.260	−0.205	−32.05
		$\bar{x}$	−0.813	−3.15	−7.75	−1.018	0.075	−93.62
	Flint	E	1.260	2.58	−15.33	−1.344	−1.600	−73.87
		F	−0.281	11.16	21.25	3.512	1.765	256.83
		G	2.969	2.75	22.37	2.477	1.002	211.45
		H	−0.698	−3.87	2.70	−0.572	−1.485	−19.92
		$\bar{x}$	0.813	3.15	7.75	1.018	−0.075	93.62
	S. E.	(g_i-g_j)	0.377	2.52	10.50	0.637	0.282	41.07
Winter	Dent	A	−1.260	−1.96	−52.49	0.356	−1.280	−123.57
		B	3.391	9.61	−34.24	4.618	2.620	77.46
		C	−3.677	1.57	17.01	−2.783	0.156	−93.82
		D	−0.094	−5.34	42.42	−3.673	−0.595	−75.69
		$\bar{x}$	−0.410	0.96	−6.82	−0.371	0.225	−53.90
	Flint	E	1.656	0.32	−11.40	−1.745	−1.059	−53.28
		F	0.281	1.40	−4.53	3.535	1.794	161.13
		G	2.240	6.69	26.38	−0.720	0.730	44.51
		H	−2.469	−12.30	16.84	0.412	−2.364	63.26
		$\bar{x}$	0.410	−0.96	6.82	0.371	−0.225	53.90
	S. E.	(g_i-g_j)	0.439	2.86	8.07	0.593	0.339	31.31

(一)春 作

由馬齒種與硬粒種兩組自交系平均值之比較，可發現硬粒種自交系除每穗子粒數、脫粒率之 GCA 爲負值外，其餘性狀，均以硬粒種爲優，且均爲正值，而馬齒種之平均值爲負值。顯示本試驗所採用之硬粒種自交系在春作環境下，其開花期有延遲效應，而株高及子粒產量等有增加的效應，而對於每穗子粒數、百粒重、脫粒率等則爲負效應；馬齒種自交系平均的表現則爲相反現象。

(二)秋 作

比較馬齒種與硬粒種兩組自交系之平均值，可發現硬粒種自交系之 GCA 除脫粒率爲負值外，其他性狀均爲正值，而馬齒種之平均值爲負值。顯示硬粒種自交系在秋作環境下，其開

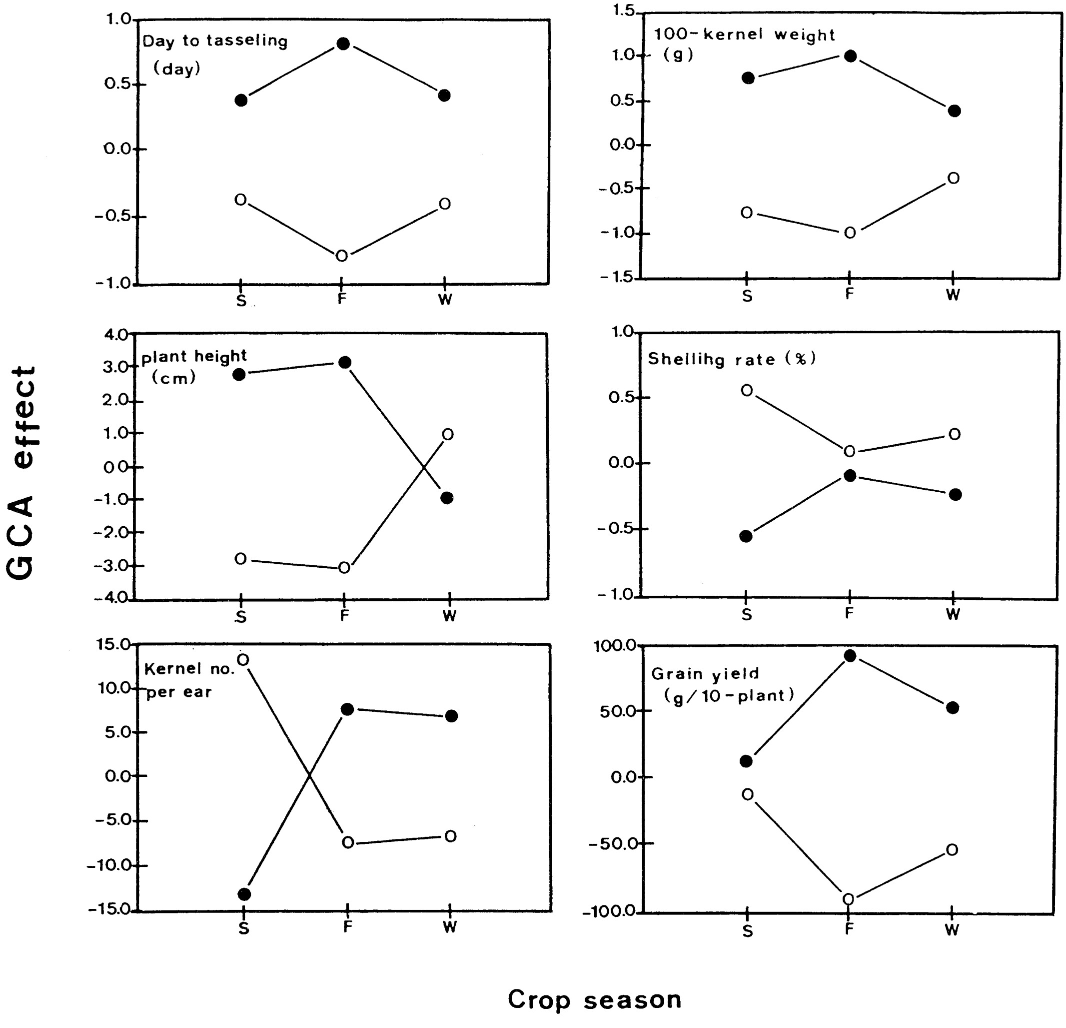

圖1. 玉米六項性狀在不同期作下之一般組合力效應。
●—●：硬粒種，○—○：馬齒種；S：春作，F：秋作，W：裡作

Fig. 1. The effect of crop seasons on GCA effect of six trats in maize.
Note: ●—●: Flint, ○—○: Dent S: Spring, F: Fall, W: Winter

花期有延遲效應，而株高有增高效應，對於每穗子粒數、百粒重及子粒產量等也有增加效應存在；而馬齒種自交系平均的表現則呈現相反現象。

㈢裡 作

比較馬齒種與硬粒種兩組自交系之平均值，發現硬粒種自交系之 GCA 除株高及脫粒率爲負值外，其餘性狀均呈正值，但馬齒種之平均值則爲負值。顯示硬粒種自交系，在裡作環境下其開花期有延遲效應，而對株高有降低的效應，每穗子粒數、百粒重及子粒產量普遍有增加的效應，脫粒率有呈現降低的效應；馬齒種自交系平均的表現則爲相反現象。

㈣期作間一般組合力效應之差異

比較不同粒型自交系的子粒產量及農藝性狀之 GCA 效應，在期作間之差異結果如圖1所示。由圖1可看出各種性狀之平均 GCA 效應隨著期作的不同，其反應形式也有所不同。

開花期：其 GCA 效應之趨勢，Dent 爲負值，Flint 呈現正值；期作間的表現爲秋作>春作>裡作。株高：Dent 在春作及秋作爲負效應，裡作爲正效應；Flint 在春作及秋作爲正效應，裡作爲負效應。每穗子粒數：Dent 春作爲正效應，秋作及裡作的表現爲負效應；Flint 呈相反趨勢，期作間的表現春作>秋作>裡作。百粒重：Dent 的表現爲正效應，Flint 的表現爲負效應；期作間的表現爲秋作>春作>裡作。脫粒率：Dent 的表現爲正效應，Flint 爲負效應，三期作的表現爲春作>裡作>秋作。子粒產量：Dent 爲負效應，Flint 爲正效應，期作間的趨勢爲秋作>裡作>春作。

四、期作間不同粒型組合間特定組合力效應之差異

將28個 F_1 雜種之子粒產量及農藝性狀之 SCA 效應，依硬粒種及馬齒種兩種子粒型之各種組合方式，區分爲：(1)馬齒種同粒型、(2)硬粒種同粒型及(3)異粒型組合等三組，由各組之平均值進行比較，各期作分述如下：

㈠春 作

春作的表現由表4可以看出異粒型組合與同粒型組合有明顯的不同。開花期：馬齒種同粒型及硬粒種同粒型顯示有延遲的效應，而異粒型組合則有提早的效應。株高：異粒型，有產生高大之雜種強勢，分別爲1.71；而硬粒種同粒型及馬齒種同粒型則爲負效應（−1.71）。每穗子粒數、百粒重及脫粒率等三性狀：馬齒種同粒型與硬粒種同粒型均顯示有降低的效應；而異粒型組合則有增加的效應。子粒產量：馬齒種同粒型與硬粒種同粒型具有負的效應，而異粒型組合則有增加子粒產量的效應。

表4. 春作（1988）28個 F_1 雜交種六項性狀特殊組合力效應之估值

Table 4. Estimates of specific combining ability effects for six traits measured in a diallel set of eight maize inbred lines evaluated at TARI, spring of 1988.

Group	Cross	Day to tasseling (day)	Plant height (cm)	Kernel no. per ear (No.)	100-kernel weight (g)	Shelling rate (%)	Grain yield (g/10-plant)
	A×B	2.07	−24.94	−41.70	0.96	−0.87	−39.02
	A×C	−0.21	4.01	−6.50	−0.34	−0.88	−69.78
	A×D	0.28	−5.77	−23.08	−2.62	−0.64	−130.73
Dent×Dent	B×C	0.66	9.43	17.28	0.29	−0.12	5.81
	B×D	−0.38	0.89	−17.87	−0.62	0.32	−77.98
	C×D	0.11	6.10	−58.41	−0.56	−1.64	−185.29
	$\bar{x}$	0.43	−1.71	−21.72	−0.48	−0.64	−82.83

	E×F	0.49	− 4.10	−21.16	−1.07	−0.68	−155.48
	E×G	0.28	− 0.35	−22.20	2.07	0.29	− 25.45
	E×H	−0.54	4.43	− 0.91	−1.57	−0.77	−127.93
Flint×Flint	F×G	1.24	−15.77	− 8.70	−4.17	−1.22	− 66.83
	F×H	0.41	− 0.98	−50.66	0.93	−0.51	− 92.76
	G×H	0.70	6.51	−26.70	0.92	−0.95	− 28.53
	$\bar{x}$	0.43	− 1.71	−21.72	−0.48	−0.64	− 82.83
	A×E	−0.38	2.97	5.95	0.91	0.68	27.02
	A×F	−0.67	0.06	22.20	−0.44	0.75	− 31.68
	A×G	−0.88	10.06	−30.33	−0.34	−0.01	11.90
	A×H	−0.21	13.60	73.45	1.87	0.98	232.29
	B×E	−0.25	8.39	20.16	0.40	0.00	95.87
	B×F	−0.79	− 0.77	−14.58	−0.01	0.19	73.49
	B×G	−0.75	16.72	56.87	−1.17	−0.79	− 30.67
	B×H	−0.58	− 9.73	−20.08	0.16	1.27	− 27.50
Den×Flint	C×E	−0.79	− 0.14	− 4.42	0.15	0.45	45.57
	C×F	0.16	8.14	47.37	0.70	0.41	95.35
	C×G	0.20	−11.81	6.33	0.68	1.36	86.53
	C×H	−0.13	−15.77	− 1.37	−0.91	0.43	21.80
	D×E	1.20	−11.19	22.79	−0.89	0.01	140.41
	D×F	−0.83	13.39	25.54	4.08	1.05	177.91
	D×G	−0.79	− 5.35	24.75	2.01	1.33	53.04
	D×H	0.36	1.93	26.29	−1.39	−0.44	22.63
	$\bar{x}$	−0.32	1.28	16.30	0.36	0.48	53.93
S. E.($S_{ij}-S_{ik}$)		0.60	7.31	31.00	1.22	0.62	65.80
S. E.($S_{ij}-S_{kl}$)		0.54	6.54	27.72	1.09	0.55	58.85

綜合而言，在春作環境下，異粒型組合之 SCA，表現株高增加，開花期、每穗子粒數、百粒重、脫粒率及子粒產量增加的效應，而馬齒種與硬粒種同粒型，則呈現相反的趨勢。

㈡秋 作

秋作28個 F_1 雜種之子粒產量及農藝性狀 SCA 效應，列如表5。開花期：馬齒種同粒型與硬粒種同粒型，顯示有延遲的效應，而異粒型組合則有提早的現象。株高：馬齒種同粒型與硬粒種同粒型都有降低株高的 SCA 效應，而異粒型組合則有增加株高的 SCA 效應。每穗子粒數、百粒重、脫粒率及子粒產量：馬齒種同粒型與硬粒種同粒型組合，有減少的效應，而異粒型組合則有增加每穗子數、百粒重、脫粒率及子粒產量的效應。

表5. 秋作（1987）28個 F_1 雜交種六項性狀特殊組合力效應之估值

Table 5. Estimates of specific combining ability effects for six traits measured in a diallel set of eight maize inbred lines evaluated at TARI, fall of 1987.

Group	Cross	Day to tasseling (day)	Plant height (cm)	Kernel no. per ear (No.)	100-kernel weight (g)	Shelling rate (%)	Grain yield (g/10-plant)
Dent×Dent	A×B	3.92	−20.22	−118.04	−1.43	−4.05	−412.89
	A×C	0.30	−3.64	9.95	−1.53	−1.26	−23.22
	A×D	0.42	−1.43	−18.58	1.04	−0.48	−7.96
	B×C	−1.19	4.27	1.33	0.87	0.41	81.60
	B×D	2.67	−5.76	−5.95	0.74	0.67	−11.75
	C×D	0.80	−4.93	3.54	−0.85	−0.03	−35.46
	$\bar{x}$	1.15	−5.28	−21.29	−0.19	−0.79	−68.28
Flint×Flint	E×F	1.38	−7.64	−39.41	−1.97	−0.22	−171.54
	E×G	1.38	−2.72	8.20	0.12	0.26	62.18
	E×H	0.30	−5.35	−42.87	0.41	−1.89	−102.56
	F×G	2.92	−8.81	−11.87	−1.09	−1.80	−92.22
	F×H	−0.15	−1.68	−36.70	1.58	−0.71	−22.16
	G×H	1.09	−5.51	−5.08	−0.22	−0.36	−83.38
	$\bar{x}$	1.15	−5.28	−21.29	−0.19	−0.79	−68.28
Den×Flint	A×E	−1.61	5.27	28.87	1.02	1.00	127.62
	A×F	0.17	4.19	49.54	2.51	1.80	220.77
	A×G	−2.82	9.60	−5.83	0.51	0.98	20.72
	A×H	−0.40	6.23	54.08	−2.13	2.00	74.96
	B×E	−0.11	11.69	39.50	−0.52	0.83	51.08
	B×F	−3.32	11.60	18.66	−1.64	−0.05	−37.17
	B×G	−1.32	1.27	−7.20	0.94	0.26	108.70
	B×H	−0.65	−2.85	71.70	1.03	1.92	220.43
	C×E	−0.98	5.77	−0.50	0.78	0.04	−16.17
	C×F	0.55	−4.06	−13.08	0.40	0.42	−25.90
	C×G	−0.44	−0.14	9.79	−0.08	0.56	−13.87
	C×H	0.97	2.73	−11.04	0.40	−0.15	33.03
	D×E	−0.36	−7.01	6.20	0.14	−0.02	49.39
	D×F	−1.57	6.40	32.87	0.19	0.57	128.23
	D×G	−0.82	6.31	12.00	−0.18	0.08	−2.13
	D×H	−1.15	6.44	−30.08	−1.08	−0.79	−120.32
	$\bar{x}$	−0.86	3.96	15.96	0.14	0.59	58.35
S. E. ($S_{ij}-S_{ik}$)		0.84	5.64	23.48	1.42	0.63	91.85
S. E. ($S_{ij}-S_{kl}$)		0.75	5.05	21.00	1.27	0.56	82.15

綜合言之，在秋作環境下，異粒型組合，呈現開花期提早的效應，株高有增高效應，每穗子粒數、百粒重、脫粒率及子粒產量均為增加效應；而馬齒種與硬粒種同粒型組合，除有延遲開花期的效應外，其餘性狀均為負的 SCA 效應。

(三)裡　作

裡作28個 F_1 雜種之子粒產量及農藝性狀之 SCA 效應，列如表6。開花期：馬齒種同粒型與硬粒種同粒型顯示有延遲效應；異粒型組合，則為提早的效應。株高：馬齒種同粒型與硬粒種同粒型，具有降低株高效應；異粒型組合則有增加株高的效應。每穗子粒數、百粒重及脫粒率：馬齒種同粒型與硬粒種同粒型，均有減少的效應；而異粒型組合，則有增加效應。子粒產量：馬齒種同粒型與硬粒種同粒型，均有減少子粒產量之效應；而異粒型組合，則有增加子粒產量的效應。

表6. 裡作（1988）28個 F_1 雜交種六項性狀特殊組合力效應之估值

Table 6. Estimates of specific combining ability effects for six traits measured in a diallel set of eight maize inbred lines evaluated at TARI, winter of 1988.

Group	Cross	Day to tasseling (day)	Plant height (cm)	Kernel no. per ear (No.)	100-kernel weight (g)	Shelling rate (%)	Grain yield (g/10-plant)
	A×B	5.75	−25.08	−54.29	−2.04	−1.94	−290.56
	A×C	1.50	−5.04	−21.79	−1.13	−0.34	−55.02
	A×D	−1.33	−6.62	−54.46	−1.21	−0.87	−133.14
Dent×Dent	B×C	0.16	0.62	2.95	2.86	0.20	143.68
	B×D	0.83	−045	−39.71	1.06	1.28	−26.94
	C×D	0.58	−0.91	13.03	−0.16	0.53	37.60
	$\bar{x}$	1.25	−6.25	−25.71	−0.13	−0.19	−54.06
	E×F	1.12	−7.66	−50.83	−0.39	−0.32	−128.52
	E×G	2.16	0.04	−44.00	0.29	0.63	5.10
	E×H	−0.12	−5.95	−2.21	−0.24	−0.27	−37.14
Flint×Flint	F×G	2.54	−6.54	4.11	1.55	0.92	68.18
	F×H	1.50	−11.54	−20.83	−0.85	−0.91	−81.56
	G×H	0.29	−5.83	−40.50	−1.17	−1.18	−150.44
	$\bar{x}$	1.25	−6.25	−25.71	−0.13	−0.19	−54.06
	A×E	−1.33	3.95	45.61	0.02	−0.24	87.93
	A×F	−2.45	9.62	41.99	1.01	0.59	137.01
	A×G	−2.16	8.08	11.32	1.08	1.06	61.64
	A×H	0.04	15.08	31.61	2.45	1.74	192.14
	B×E	−0.66	7.37	28.36	−0.22	−0.00	39.39
	B×F	−2.54	9.04	27.24	−0.25	−0.59	8.47
	B×G	−1.00	4.00	16.57	−0.61	−0.34	62.60
	B×H	−2.54	4.50	18.86	−0.78	1.41	63.35
Den×Flint	C×E	−0.66	−1.33	1.11	1.05	−0.09	16.68
	C×F	0.79	7.33	−3.25	−0.21	−0.16	−5.48
	C×G	−0.75	−1.20	18.07	−1.46	−0.40	−71.85
	C×H	−0.04	0.54	−10.13	−0.74	0.26	−65.60
	D×E	−0.50	3.58	21.95	−0.50	0.32	16.56
	D×F	0.62	−0.25	1.57	−0.85	0.47	1.89
	D×G	−1.08	1.45	34.41	0.32	−0.68	24.76
	D×H	0.87	3.20	23.20	1.35	−1.04	79.26
	$\bar{x}$	−0.93	4.68	19.28	0.10	0.14	40.54
S. E.($S_{ij}-S_{ik}$)		0.98	6.39	18.05	1.32	0.75	70.01
S. E.($S_{ij}-S_{kl}$)		0.87	5.72	16.14	1.18	0.67	62.62

綜合言之，在裡作環境下，異粒型組合之 SCA 效應，在開花期為負效應，在株高、每穗子粒數、百粒重、脫粒率及子粒產量則為正效應；而馬齒種與硬粒種同粒型，則呈現相反的趨勢。

(四)期作間不同粒型組合特定組合力之比較

期作間不同粒型的子粒產量及農藝性狀之 SCA 效應表現，示如圖2。一般在期作間的反應趨勢因性狀之不同而有很大差異。開花期：同粒型組合爲正效應，異粒型則爲負效應，期作間之反應爲裡作>秋作>春作的趨勢。株高：同粒型組合爲負效應，異粒型則爲正效應，期作間之反應爲裡作>秋作>春作的趨勢。每穗子粒數：同粒型爲負效應，異粒型則爲正效應，對期作間之反應爲裡作>春作與秋作的趨勢。百粒重：同粒型爲負效應，異粒型則爲正效應，期作間之反應爲春作>秋作>裡作的趨勢。脫粒率：同粒型爲負效應，異粒型爲正效應期作間爲反應趨勢爲秋作>春作>裡作。子粒產量：同粒型組合爲負效應，期作間之反應爲春作>秋作>裡作；異粒型組合爲正效應，期作間之反應趨勢爲秋作>春作>裡作。

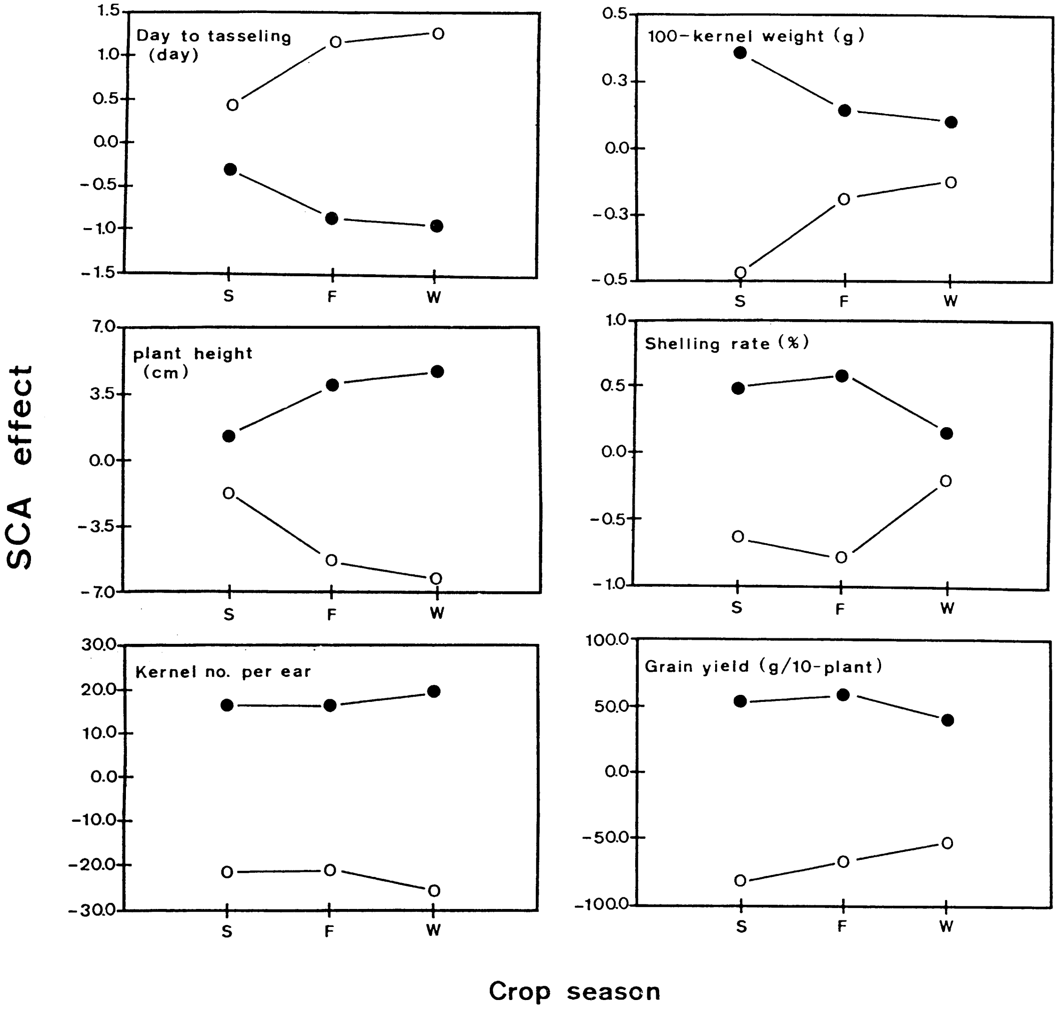

圖2. 玉米六項性狀在不同期作下之特殊組合力效應。
●—●：異粒型，○—○：同粒型；S：春作，F：秋作，W：裡作

Fig. 2. The effect of crop seasons on SCA effect of six traits in maize.
Note: ●—●: DF, ○—○: DD(FF) S: Spring, F: Fall, W: Winter

討　論

玉米依粒型之特性，可分爲馬齒種與硬粒種兩型，而有關型間雜交組合 F_1 之表現的研究已有許多報告。呂等[3]及[7]指出馬齒種同粒型組合一般具有較優異的子粒性狀；硬粒種同粒型組合，一般晚熟而株型高大；而異粒型組合則兼具兩同粒型之組合之長處，即植株及子粒性狀均較優。在臺灣[2,8]、美國[13]及拉丁美洲主要玉米生產國[26]均認爲馬齒種×硬粒種之異粒型組合，可獲得最大的子粒產量；在義大利 Moreno-Gonzalez[17] 研究發現硬粒種同粒型比馬齒種同粒型及異粒型子粒產量低。而本試驗結果發現子粒產量在異粒型組合與硬粒種同粒型類似，但均大於馬齒種同粒型，主要係由於異粒型組合與硬粒種同粒型，親本之間親緣較遠，而馬齒種同粒型親本間親緣較近，致使硬粒種同粒型之 F_1 具有較佳的植株性狀，營養生長旺盛，乾物質生產量大，果穗比例較低；異粒型組合因兼具硬粒種優良之植株性狀及馬齒種之子粒性狀，同時具有較高的乾物質生產量，果穗百分比及脫粒率等，因此硬粒種同粒型組合與異粒型組合之 F_1 產量無顯著差異存在，但均比馬齒種同粒型高。在臺灣之栽培環境玉米雖全年可生長，但其生產季節分爲春、秋及裡作三個季節，由於期作間生長之氣候環境不同，其子粒產量及農藝性狀有顯著差異。Sorrells *et al.*[24] 進行複穗產量指數（MEWI, multiple-ear-weight index）的遺傳分析，發現 MEWI 的大小因環境不同而有差異，而其差異與 GCA/SCA 比値有密切關係。本試驗影響子粒產量之基因作用型式，也發現由 GCA 及 SCA 共同控制，但 GCA/SCA 比値及 GCA 效應強度均呈現秋作＞裡作＞春作，顯示子粒產量在期作間表現的大小，可能與 GCA/SCA 比値及 GCA 效應之表現強度有密切關係。

衆所皆知作物之基因型與環境之交感作用，普遍存在於栽培作物中，在玉米也有類似現象[11,14,19]。而 Russell and Stuber[22] 指出玉米的 GCA 及 SCA 與環境均有交感作用。本試驗顯示粒型組合間與期作也有交感作用，子粒產量的表現在春作爲異粒型＞硬粒種同粒型≒馬齒種同粒型；秋作及裡作爲硬粒種同粒型≒異粒型＞馬齒種同粒型。在春作異粒型組合其一般營養性狀之株高及穗位高均較高且每穗子粒數、百粒重及脫粒率等較大，間接有利於異粒型子粒產量的發揮；又由各性狀之 GCA 及 SCA 之效應也可發現：在春作，馬齒種自交系的 GCA，除每穗子粒數、脫粒率爲正效應外，其他性狀均爲負效應；而硬粒種自交系則大部份爲正效應。而雜交組合的馬齒種同粒型及硬粒種同粒型的 SCA，在株高、每穗子粒數、百粒重、脫粒率及子粒產量均爲負效應；而異粒型則爲相反現象，呈現正的效應。

玉米一般基因型的效應＝父本 GCA 效應＋母本 GCA 效應＋雜交組合之 SCA 效應（即 $Y_{ij} = g_i + g_j + S_{ij}$。由本試驗期作間 GCA/SCA 比値的變化，可看出整個玉米材料的子粒產量受 GCA 及 SCA 共同控制。在春作環境下，GCA/SCA 接近1，顯示 GCA 效應與 SCA 效應同等重要；而莊[7]春作之試驗發現，同粒型組合的基因表現呈現非累加性均方大於累加性均方；異粒型組合則以累加性之變方佔較重要。推測本試驗所使用之材料，在春作環境下，可能係因異粒型組合以硬粒型之 GCA 及 SCA 佔較大比例，且爲正的效應；而硬粒種同粒型之 GCA 變方大於 SCA 變方，其 GCA 爲正效應，而 SCA 爲負效應；馬齒種同粒型之 GCA 及 SCA 則均爲負效應，以致於子粒的表現爲異粒型＞硬粒種同粒型≒馬齒種同粒型。在秋作及裡作環境下，硬粒種同粒型及異粒型均具有較高的株高、穗位高及每穗子粒數、百粒重較高，間接有利於子粒產量的表現。而由各性狀之 GCA 及 SCA 效應之綜合表現也可發現，馬齒種自交系的 GCA 除脫粒率爲正效應外，其他性狀均爲負效應，而硬粒種自交系的每穗子粒數、百粒重及子粒產量等均爲正效應。同粒型雜交組合之株高、每穗子粒數、百粒重及子粒產量之 SCA 效應均爲負效應；異粒型組合則正爲效應。子粒產量在秋作及裡作環境之 GCA/SCA 比値均大於1，顯示整個材料以 GCA 效應佔較大比例[4]，而 Moreno-Gonzalez[17] 也認爲三種粒型組合之遺傳成份均以 GCA 變方大於 SCA 變方。在秋作環

境下，可能因硬粒種同粒型之 GCA 爲正效應且佔較大比例，SCA 爲負效應但比例較小；異粒型之 SCA 爲正效應，而硬粒種的 GCA 爲正值，馬齒種的 GCA 爲負值，造成異粒型內之 GCA 有部份相互抵消其效應；馬齒種同粒型之 GCA 及 SCA 則均爲負效應。故子粒產量呈現硬粒種同粒型≒異粒型>馬齒種同粒型。裡作子粒產量呈現硬粒種同粒型≒異粒型>馬齒種同粒型，可能因硬粒種同粒型之 GCA 及 SCA 均方均達極顯著，而其 GCA 爲正效應，SCA 爲負效應，但以 GCA 均方所佔的比例較大，故基因型效應爲正值；異粒型組合僅 GCA 均方極顯著，而 SCA 未達顯著，使綜合表現呈現硬粒種同粒型≒異粒型>馬齒種同粒型之趨勢。

引用文獻

1. 王強生、王碧玉、劉大江。1988。玉米對溫度與光週期之生長反應。中華農業研究37(4)：379—388。
2. 呂宗佳、盧煌勝、劉孔生、何千里、謝光照。1989。單雜交玉米臺農一號之育成。中華農業研究38(1)：1—18。
3. 呂宗佳、謝光照、何千里、莊周瑞。1986。馬齒種及硬粒種自交系雜種優勢及組合力之全互交分析。中華農業研究 35(2)：145—164。
4. 林順福、陳成。1986。玉米主要農藝性狀組合力之研究。中華農學會報 新 136：6—14。
5. 洪梅珠、涂勳、曾富生。1984。玉米產量形成過程在春秋期作之變異。中華農學會報 新125：61—70。
6. 范明仁。1987。玉蜀黍光合成物質生產與分配。國立臺灣大學農藝研究所博士論文。
7. 莊周瑞。1989。玉米硬粒型與馬齒型種源雜交種遺傳及生育特性之研究。國立中興大學糧食作物研究所博士論文。
8. 萬雄、呂宗佳、盧煌勝、何千里。1986。單雜交玉米臺農三五一號之育成。中華農業研究35(1)：11—22。
9. 盧淑華。1985。不同期作下光合產物供源、積儲和營養要素的分配與玉米產量的關係。國立中興大學糧食作物研究所碩士論文。
10. 謝光照、曾富生。1993。玉米子粒產量及農藝性狀在期作與不同粒型組合之變異。中華農業研究42(4)：337—347。
11. Geadelman. J. L. and R. H. Peterson. 1978. Effects of two yield component selection procedures on maize. Crop Sci. 18: 387—390.
12. Griffing. B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust. J. Biol. Sci. 9: 463—493.
13. Hallauer, A. R. and D. Malithano. 1976. Evaluation of maize varieties for their potential as breeding populations. Euphytica 25: 117—127.
14. Kang, M. S. and D. P. Gorman. 1989. Genotype×environment interaction in maize. Agron. J. 81: 662—664.
15. Mariani, G. and E. Desiderio. 1975. Grain yield and prolificacy. 2. A diallel analysis of eight inbred from the O. P. variety Nostrano Dell'isola at two densities. Maydica 20: 95—110.
16. Melchinger, A. E., H. H. Geiger and F. W. Schnell. 1986. Epistatis in maize (*Zea mays* L.) II. Genetic effects in crosses among early flint and dent inbred lines determined by three methods. Theor. Appl. Genet. 72: 231—239.
17. Moreno-Gonzalez, J. 1988. Diallel crossing system in sets of flint and dent inbred lines of maize (*Zea mays* L.). Maydica 33: 37—49.
18. Moreno-Gonzalez, J. and J. W. Dudley. 1981. Epistasis in related and unrelated maize hybrids. Crop Sci. 21: 644—651.
19. Pollmer, W. G., D. Klein and B. S. Dhillon. 1979. Differences in reciprocal crosses of maize inbred lines diverse for protein content. Euphytica 28: 325—328.
20. Rojas, B. A. and G. F. Sprague. 1952. A comparison of variance components in corn yield trials: III. General and specific combining ability and their interaction with locations and years. Agron. J.

44: 462—466.

21. Rood, S. B. and D. J. Major. 1981. Diallel analysis of leaf number, leaf development rate and plant height of early maturity maize. Crop Sci. 21: 867—873.

22. Russell, W. K. and C. W. Stuber. 1985. Genotype×photoperiod and genotype×temperature interactions for maturity in maize. Crop Sci. 25: 152—158.

23. Schnell, F. L. and I. S. Singh. 1978. Epistasis in three way cross of cron (*Zea mays* L.). Crop Sci. 18: 504—507.

24. Sorrells, M. E., H. Lonnquist and R. E. Harris. 1979. Inheritance of prolificacy in maize. Crop Sci. 19: 301—306.

25. Vasal, S. K., G. Srinivasan, S. Pandey, H. S. Cordova, G. C. Han and F. Gonzalez. C. 1992. Heterotic patterns of ninety-two white tropical CIMMYT maize lines. Maydica 37: 259—270.

26. Wellhausen, E. J. 1978. Recent development in maize breeding in the tropics. *In:* Maize Breeding and Genetics. Walden, D. B.(ed) pp. 59—84. Willy, New York.

27. Wu, G. H. 1987. Analysis of gene for three quantitative characters at different development stages in maize. Acta Genetica Sinica 14: 363—369.

Effects of Crop Seasons on Combining Ability Perform ance of Grain Yield and Agronomic Traits with Respect to Combinations between Different Kernel Type in Maize[1]

Guang-Jauh Shieh[2] and Fu-Sheng Thseng[3]

Summary

A half diallel set of four flint and four dent inbred lines of maize was evaluated in spring, fall and winter crop seasons for high grain yield potential in Taiwan. The results were summarized as follows.

In the spring crop season, dent×flint crosses had more kernel number of perear, larger 100-kernel weight and shelling rate, so that grain yield of dent×flint crosses were significantly higher than the crosses of flint×flint or dent×dent. No significant difference was found between flint×flint and dent×dent. In the fall and winter crop seasons, no significant difference in grain yield was observed between dent×flint and flint×flint crosses, but flint ×flint and dent×flint crosses had more ker nel number of per ear and larger 100-kernel weight, so that yielded significantly more grains than dent×dent crosses.

The mean squares of combining ability analysis were significant about general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) for most traits in spite of spring, fall and winter crop seasons. Additive variance (GCA) was larger than non-additive variance (SCA) for all traits. It suggests that inheritance of all traits was predominantly additive in maize, however, the ratio of GCA/SCA should be affected by planting seasons. The comparison of GCA effects in dent and flint inbred lines showes that flints were positive effects, and dent inbreds were negative effects in most traits. In the F_1 hybrids, dent×dent and flint× flint crosses had similiar SCA effects of response intensity. SCA effects were predominantly positive in dent×flint crosses and negative in dent×dent and flint×flint crosses for most traits in all crop seasons. The response intensity of GCA and SCA effects were also affected by planting seasons. The response pattern of GCA and SCA effects were different for single characters.

Key words : Kernel type, Flint, Dent, General combining ablilty, Specific combining ability.

---

1. Contribution No. 1689 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Assistant Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung-Hsien, Taiwan, ROC.
3. Professor of Agronomy Department, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.